Beiträge zur Kenntnis

der

Assimilationsthätigkeit der Blätter.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hohen philosophischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

eingereicht und mit den beigefügten Thesen verteidigt

am 10. Februar 1894, Mittags 12 Uhr

von

Richard Meissner

aus Dessau (Anhalt).

Opponenten:

Alfred Helle, Dr. phil.
Friedrich Hess, cand. med.
K. Schneider, stud. phil.

BONN,

Druck von Ernst Heydorn.

Seinen lieben Eltern

in dankbarer Verehrung

gewidmet

vom

Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547419_0256

Einleitung.

In seiner „Anatomes plantarum idea“ (1671) stellte Malpighi zum ersten Male den Satz auf, dass die grünen Blätter die Organe sind, welche die zum Wachstum nötigen Stoffe aus dem ihnen zugeführten Rohmaterial erzeugen[1]). Hales wies später in den „Statical essays“ (1727) nach, dass ein grosser Teil der Pflanzensubstanz aus der Atmosphäre stammt[2]). Aber erst nach der Entdeckung des Sauerstoffes durch Priestley (1774), ferner nach dem Erkennen der Zusammensetzung der „fixen Luft“ (Kohlensäure) durch Lavoisier (1776) konnte eine neue Ernährungstheorie möglich werden. Priestley konstatierte in seinem Werke „Versuche und Beobachtungen über die verschiedenen Teile der Naturlehre“ (1779) die Thatsache, dass Pflanzenteile unter Umständen Sauerstoffgas ausscheiden[3]). In demselben Jahre erschien eine Schrift Ingen-Houss' „Experiments upon vegetables, discovering their great power of purifying the common air in the sunshine and of injouring it in the shade and at night“, in welcher er die Entdeckung der Kohlenstoffassimilation (Aufnahme von Kohlensäure seitens der grünen Organe unter dem Einfluss des Lichtes und Ausscheidung von Sauerstoff), ferner die Entdeckung der eigentlichen

1) Sachs, Gesch. d. Bot., München 1875, pag. 494, 495, 521.
2) l. c. pag. 531.
3) l. c. pag. 533.

Atmung der Pflanzen niederlegte; ausserdem aber hielt er beide Erscheinungen nach ihren Bedingungen und Bedeutung hierin auseinander. Senebier's Untersuchungen in „Physiologie végétale" (1800) erstreckten sich dann auf den Nachweis, dass nur die grünen und keine anderen Organe imstande sind, die Zersetzung der Kohlensäure zu bewirken[1]).

Vier Jahre später (1804) machte Th. de Saussure (Recherches chimiques sur la végétation) die Entdeckung, dass mit dem Kohlenstoff zugleich die Bestandteile des Wassers in der Pflanze gebunden werden[2]), und Liebig war es, der in seinem Werke „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie" (1840) den weiteren Nachweis lieferte, dass die einzige Quelle des Kohlenstoffes der Pflanze die atmosphärische Luft ist[3]). Boussingault betrat in letzterer Frage den rein induktiven Weg, und bewies der damals herrschenden Humustheorie gegenüber, dass der gesamte Kohlenstoffgehalt der Pflanze ausschliesslich aus der atmosphärischen Kohlensäure stammt[4]).

Nur ein Schritt war noch zu thun, nämlich zu untersuchen, welches denn eigentlich die Zersetzungsprodukte der Kohlensäure sind. Es ist das Verdienst Sachs', auf Grund experimenteller Forschung den Satz ausgesprochen zu haben, dass als erstes sichtbares Produkt der Kohlensäurezersetzung Stärke oder eine ihr gleichwertige Substanz gebildet wird.

Wir können demnach, von Einzelheiten absehend, zusammenfassend sagen: Die Kohlensäure der atmosphärischen Luft wird von den chlorophyllhaltigen Zellen der Pflanze, bei den höheren Pflanzen also von den vorwiegend aus solchen bestehenden Blättern aufge-

1) l. c pag. 537.
2) l. c. pag. 530.
3) l. c. pag. 485.
4) l. c. pag. 574.

nommen; sie erleidet aber dort unter Mitwirkung des Lichtes und bei Gegenwart von Wasser und mineralischen Stoffen die Zersetzung in organische Substanz und Sauerstoff. Diesen Vorgang bezeichnen wir als Assimilation der Kohlensäure oder des Kohlenstoffes.

Die Mineralstoffe werden unter Mitwirkung der Wurzelthätigkeit vom Wasser im Boden gelöst, beide werden von der Wurzel aufgenommen und sowohl durch den Transpirationsstrom der Pflanze in den Blättern, als auch durch den Wurzeldruck, wohl auch durch einen langsamen Austausch zwischen den lebenden Zellen den Blättern zugeführt.

Die Blätter haben auf ihrer oberen Epidermis Vorrichtungen in Gestalt von Cuticula und Wachsüberzügen, um die Wasserverdunstung zu verlangsamen, auf der unteren dagegen in den Spaltöffnungen Regulatoren für grössere oder geringere Wasserabgabe. Es ist klar, dass, wenn die Spaltöffnungen, die Ausmündungen der Intercellularräume des Parenchyms, geschlossen oder wenigstens verengert sind, dass dann die Wasserverdunstung nur eine geringe, bei weit geöffneten Spaltöffnungen dieselbe aber eine bedeutendere ist. Mit der grösseren oder geringeren Transpiration der Blätter hängt aber nach Sachs die grössere oder geringere Zufuhr neuer Nährstoffe zusammen, damit wiederum eine grössere oder geringere Assimilation, Ernährung und Wachstumsförderung der Pflanze[1]).

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Kenntnis der Assimilationsthätigkeit der Blätter bilden. Drei Fragen sind es, die ich darin zu beantworten gedenke und zwar:

1) Wird die Assimilation bei invers gehaltenen Blättern verringert?

1) Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., pag. 203.

2) Findet eine grössere Assimilation bei Blättern statt, von denen man die Epidermis stellenweise entfernt und damit den Gasaustausch und die Transpiration stark fördert, oder bei unverletzten Blättern?
3) Wie verhalten sich plasmolysierte Blätter in bezug auf die Assimilation?

Was die Versuchsanstellung anbetrifft, so operierte ich bei Beantwortung der beiden ersten Fragen nur mit Pflanzen im hiesigen botanischen Garten selbst, bei der Versuchsreihe 3 dagegen wurden die Blätter im Garten verdunkelt, die Versuche selbst im Institute ausgeführt.

Bei allen Versuchen ging ich von der Erfahrung Sachs' aus, dass die Blätter während der Nacht die am Tage gebildete Stärke auflösen, und dass dieselbe in einer Wanderform (Zucker) durch den Blattstiel in die Stengel, Knollen etc. geleitet wird. Blätter, die am Abend viel Stärke enthalten, sind am frühen Morgen unter günstigen Vegetationsbedingungen völlig frei davon. In diesem Zustand aber sind sie für die anzustellenden Versuche über Stärkebildung geeignet.

Der Stärkenachweis geschah nach dem von Sachs ausführlich angegebenen Verfahren der „Jodprobe“ [1]). Die Versuche wurden in der Zeit von Juni bis August und zwar nur an den günstigsten Tagen angestellt, gewöhnlich in der Zeit von 10 Uhr Vormittags bis 1 Uhr Mittags, manchmal auch Nachmittags. Im übrigen werde ich bei jeder Versuchsreihe das Nötige über die Versuchsanstellung etc. selbst beifügen.

1) Sachs, Arb. des Bot. Inst. in Würzb., Bd. III, Heft 1.

I.

Wird die Assimilation bei invers gehaltenen Blättern verringert?

In der neueren Litteratur liegt eine Reihe von Abhandlungen vor, die sich mit den Orientierungstorsionen von Blättern beschäftigen. [Frank[1]), De Vries[2]), J. Wiesner[3]), Oscar Schmidt[4]), H. Ambronn[5]), Fritz Noll[6]), Krabbe[7]), Schwendener-Krabbe[8]).]

Es ist eine bekannte Thatsache, dass, wenn man Blätter künstlich in eine abnorme Lage bringt, indem man z. B. den Spross, an dem sie sitzen, senkrecht nach unten fixiert, oder wenn sich die Blätter schon von

---

1) Frank, Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzenteilen und ihre Abhängigkeit vom Licht und von der Gravitation. Leipz. 1870.

2) De Vries, Ueber einige Ursachen der Richtung bilateralsymmetrischer Pflanzenteile. Arb. d. Bot. Inst. in Würzb. I, pag. 223. Leipz. 1874.

3) J. Wiesner, Die heliotr. Erscheinungen im Pflanzenreiche. II. Teil. In d. Denkschr. der Kais. Akad d. Wiss. Math.-naturw. Klasse. 43. Bd. Wien 1882.

4) Oscar Schmidt, Das Zustandekommen der fixen Lichtlage blattartiger Organe durch Torsionen. Diss. Berl. 1883.

5) H. Ambronn, Ueber heliotr. u. geotr. Torsionen. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. Bd. II.

6) Fritz Noll, Ueber die normale Stellung zygomorpher Blüten u. die Orientierungsbewegungen zur Erreichung derselben. Arbeiten d. Bot. Inst. in Würzburg, Bd III, II. Teil, pag. 315. — Derselbe, Die Orientierungsbewegungen dorsiventraler Organe. München 1892.

7) Krabbe, Zur Kenntnis der fixen Lichtlage der Laubblätter. Berl. 1889 (Sep.-Abdr. aus Pringsh. Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XX, Heft 2).

8) Schwendener-Krabbe, Untersuchungen über die Orientierungstorsionen der Blätter und Blüten. Berl. 1892. Aus d. Abh. der königl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin vom Jahre 1892.

Natur aus, wie bei *Alstroemeria* oder bei manchen Trauerformen (Esche, Linde etc.) in dieser abnormen Lage befinden, dass dann dieselben gewisse Bewegungen mittels ihrer Stiele und Spreiten ausführen. Der Zweck dieser Bewegungen ist offenbar der, einmal die bei dieser bezeichneten Stellung nach unten gelegene morphologische Oberseite auch nach oben gelangen zu lassen, welch letztere Lage die Blätter in der Normalstellung einnehmen, zweitens aber die Blätter auf kürzestem Wege in eine Lage zu bringen, in der das Licht senkrecht auf die obere Blattspreite fallen kann.

Die oben angeführten Autoren haben diese „fixe Lichtlage" der Blätter und namentlich ihr Zustandekommen zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht. Sie zeigten, dass ausser dem Geotropismus und Anderem vor allem auch dem Licht ein bedeutender Einfluss auf das Erreichen dieser Lage der Blätter zum Licht zuzuschreiben sei.

Diese Eigenschaft der Blätter, ihre morphologische Oberseite senkrecht gegen das Licht zu stellen, legitimiert dieselben als echt dorsiventrale Gebilde. Selbst wenn der Charakter der Dorsiventralität dieser Blätter nicht schon aus ihrem anatomischen Bau klar ersichtlich wäre, so würde diese „Anisotropie" [1]), wie Sachs die verschiedene Reaktionsfähigkeit der Organe einer Pflanze gegenüber gleichen äusseren Richtkräften (Schwere, Licht) genannt hat, für die Dorsiventralität der Blätter deutlich sprechen.

Aber die bestimmten Orientierungsbewegungen der Blätter gegen das Licht, wie auch der ganz verschiedene anatomische Bau auf Ober- und Unterseite müssten immerhin sonderbar erscheinen, falls die Blätter dadurch keinen wesentlichen Vorteil erlangten. Dieser könnte, wie leicht einzusehen ist, nur darin zu suchen

1) Sachs, Vorlesungen üb. Pflanzenphys., 2. Aufl., pag. 505, Anm. 4 und pag. 742, 37. Vorlesung.

sein, dass das Blatt in seiner Funktion als Assimilationsorgan gefördert wird. Wird ein solcher Vorteil durch die bestimmten Orientierungstorsionen erreicht?

Die gestellte Frage ist dadurch zu entscheiden, dass die Stärkemengen, die sich in gleichen Zeiten und unter gleichen Bedingungen einmal in normal gestellten, das andere Mal in invers fixierten Blättern bilden, mit einander verglichen werden. Da es nur auf einen relativen Vergleich der Stärkemengen ankommt, so dürfte bei deutlichen Unterschieden die Anwendung der „Jodprobe" statt der umständlicheren Wägungen gerechtfertigt erscheinen. Ich habe bei den Versuchen nicht nur die „Jodprobe", sondern auch das letztere Verfahren, durch Wägungen den Unterschied der Stärkemengen festzustellen, angewendet und bin dabei, wie aus den Versuchsreihen hervorgeht, zu denselben Resultaten gelangt wie bei der Anwendung der „Jodprobe" [1]).

Die erste Untersuchung, die mich interessierte, ging von dem Gedanken aus, dass es für Blätter mit isolateralem Bau, wie wir ihn bei manchen Farn- und Palmenblättern etc. finden, in bezug auf die Assimilation ganz gleichgültig sein müsste, ob sie mit der Ober- oder Unterseite dem Lichte zugewendet sind. Ich kann hier anführen, dass meine diesbezüglichen Versuche mit *Scolopendrium officinarum* Sm. und *Chamaerops humilis* L. das eben Gesagte bestätigten. Zwar ist der Bau der Blätter der ersteren Pflanze nicht exquisit isolateral, und so ergab auch das Resultat eine geringe Differenz in den Stärkemengen der normal stehenden und invers fixierten Blätter. Allein die Differenz ist eine sehr geringe, so dass sie nicht ins Gewicht fällt, namentlich nicht ins Gewicht fällt im Vergleich mit der Differenz der Stärkemengen bei echt dorsiventralen Blättern, die meine grösste Aufmerksamkeit auf sich lenkten.

1) Vergleiche hierzu auch Sachs, Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg, Bd. III, pag. 20, Abs. 5.

Die Versuchsanstellung für beide Fälle (isolateral und dorsiventral gebaute Blätter) war folgende:

Am Abend vor dem Versuchstage wurden die zur Untersuchung gelangenden Pflanzen im hiesigen botanischen Garten mit Dunkelrecipienten bedeckt. Die Pflanzen blieben unter denselben bis zum nächsten Tage, gewöhnlich bis 8 oder 10 Uhr Vormittags. Alsdann wurde ein Blatt vom Spross der Pflanze genommen und auf die Stärkereinheit nach der „Jodprobe" untersucht. Zugleich wurde ein zweites Blatt, das der günstigsten Beleuchtung ausgesetzt war, so mittels Stativ und Pincette fixiert, dass die morphologische Oberseite nach unten lag. Ein drittes Blatt, das derselben günstigen Beleuchtung ausgesetzt war wie das Versuchsblatt, wurde an derselben Pflanze in Normalstellung als Kontrolblatt bezeichnet.

Die Dauer dieser Versuche währte entweder 2 bis 3 Stunden, manchmal auch 5 bis 8 Stunden.

Nach Beendigung eines derartigen Versuches wurde Versuchs- wie Kontrolblatt sofort der „Jodprobe" unterworfen.

Wurde hingegen der Stärkegehalt der Blätter durch Trockengewichtsbestimmungen festgestellt, so wurde folgendermassen verfahren:

Am Tage zuvor wurden die zum Versuch tauglichen, möglichst ausgewachsenen, dabei aber völlig gesunden und fehlerfreien Blätter auserlesen und die betreffenden Pflanzen mit Etikettenstäben versehen. Am frühen Morgen, noch vor Tagesanbruch, wurden alsdann die Kontrollen von den Blättern genommen, indem dieselben der Länge nach halbiert wurden, so zwar, dass die Mittelrippen unverletzt blieben. Bekanntlich wird durch einen derartigen operativen Eingriff das Blatt in seiner Assimilationsfunktion nicht gestört. Von dieser stärkefreien Kontrolblatthälfte wurden 220 qcm mittels Schablonen genau abgemessen und

sofort in einem Lufttrockenschrank bei 105° Celsius völlig getrocknet, darnach das Trockengewicht festgestellt.

Nach Beendigung des Versuches wurden die am Morgen stehen gebliebenen Hälften der Blätter der eben beschriebenen Manipulation unterworfen.

Kurz will ich hier noch erwähnen, dass ich bei der vergleichenden Untersuchung der beiden Hälften eines Blattes die Schablonen in symmetrischer Lage aufsetzte, ein Verfahren, wie es von Sachs[1]), Broocks[2]) und Anderen vielfach angewendet worden ist. Die Fehler, die hierbei entstehen, sind verhältnismässig gering.

Die Versuche wurden getrennt angestellt zwischen normal und invers stehenden Blättern, und die Gewichtszahlen, die für 220 qcm gefunden wurden, wurden auf 1 qm umgerechnet.

Als Versuchspflanzen dienten mir folgende Pflanzen:

Solanum tuberosum L. Rote Nierenkartoffel.
Solanum tuberosum L. Magnum bonum.
Impatiens parviflora DC.
Impatiens glanduligera Royle.
Impatiens Sultani.
Alstroemeria chilensis Loud.
Vicia Faba L.
Menispermum canadense L.
Prunus Cerasus L.
Pyrus communis L.
Mirabilis Jalapa L.
Cucurbita pepo L.

Bei der Anführung der Versuche selbst will ich das bei der Versuchsanstellung, also das nach stattgefundener Verdunklung entnommene Blatt der Kürze wegen „Nachtblatt", das inverse Blatt „Versuchs-

1) Sachs, Arb. d. Bot. Inst. in Würzb., 3. Bd., pag. 20.
2) Broocks, Ueber tägliche und stündliche Assimilation einiger Kulturpflanzen. Halle 1892. Diss., pag. 15.

blatt", und das zur Kontrolle entnommene, in normaler Stellung gewesene Blatt „Kontrolblatt" nennen.

Das Resultat sämtlicher, in dies Kapitel gehöriger Versuche ist nun folgendes: Es wurde in dem invers fixierten Blatte nur wenig Stärke nachgewiesen, während in dem Kontrolblatt, welches in Normalstellung, sonst aber unter gleichen äusseren Bedingungen gestanden hatte, viel Stärke aufgespeichert worden war.

Die weitere mikroskopische Untersuchung ergab, dass die Stärkebildung innerhalb eines invers gestellten Blattes vorzugsweise im Schwammparenchym stattgefunden hatte und zwar in der Zellenreihe unmittelbar am Pallisadenparenchym. Das letztere war fast frei von Stärke. Im normal gestellten Blatt fand sich im Pallisadenparenchym mehr Stärke als im Schwammparenchym.

So wird aus diesem Resultat der Nutzen klar, den ein in Normalstellung befindliches Blatt einem anderen in inverser Stellung voraus hat. Es wird auch nunmehr verständlich, warum die Blätter gleichsam dem Lichte zu Liebe alle möglichen Bewegungen vollführen, um nur in die günstigste Lichtlage zu kommen, um ihre morphologische Oberseite auch nach oben, dem Lichte zuzuwenden.

Woran liegt es nun aber, dass ein invers gestelltes Blatt bedeutend schlechter assimiliert als ein in Normalstellung befindliches? An der Lichtintensität kann es nicht liegen, denn diese ist für beide Blätter, Versuchs- wie Kontrolblatt dieselbe. Aber indirekt wirkt doch das Licht auf die Erscheinung ein.

Wir haben oben bereits hervorgehoben, dass die grössere oder geringere Assimilation von der grösseren oder geringeren Zufuhr neuer Nährstoffe oder, eng damit zusammenhängend, von der grösseren oder geringeren Transpiration abhängig ist. Das letztere, d. h.

eine grössere Transpiration müsste ja nun bei invers gestellten Blättern bedeutend mehr eintreten als bei normal gestellten, falls die Spaltöffnungen bei inversen Blättern geöffnet blieben. Die Versuche haben aber gezeigt, dass sich die Stomata der Blätter in der angegebenen Versuchsanstellung mehr oder minder schliessen, die Transpiration also verlangsamt wird. Sehr schön zeigte das letzt gesagte Verhalten *Solanum tuberosum* L.

Es ist aber auch der Lage des Pallisaden- resp. Schwammparenchyms zum Licht ein wesentlicher Einfluss auf die grössere oder geringere Stärkebildung zuzuschreiben. Ist das Pallisadenparenchym beleuchtet, wie es der Fall ist bei der Normalstellung der Blätter, dann kommen bedeutend mehr Chlorophyllkörner in starke Aktion als wenn, wie bei inversen Blättern, das Schwammparenchym dem Lichte zugewendet ist. In letzterem Falle werden die Lichtstrahlen bereits im Schwammparenchym dicht am Pallisadengewebe verarbeitet, letzterem ist die Möglichkeit genommen, ausgiebig Stärke bilden zu können.

Versuche zu I.

I. Blätter mit isolateralem Bau.

Versuch 1.

Chamaerops humilis L.

Am 11. Juli. Versuchszeit Vormittags halb 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Himmel bedeckt. Lufttemperatur 21 Grad Cels.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt (invers): Reichlich Stärke.
3. Kontrolblatt (normal): Reichlich Stärke.

Versuch 2.

Chamaerops humilis L.

Am 11. Juli. Expositionsdauer Vormittags halb 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Reichlich Stärke.
3. Kontrolblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 3.

Scolopendrium officinarum Sm.

Am 11. Juli. Versuchsdauer Vormittags halb 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Himmel bedeckt. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Viel Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 4.

Scolopendrium officinarum Sm.

Am 11. Juli. Versuchszeit Vormittags halb 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Viel Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 5.

Scolopendrium officinarum Sm.

Am 11. Juli. Versuchsdauer Vormittags halb 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Viel Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

II. Blätter mit dorsiventralem Bau.

A. Stärkegehalt der Blätter durch die „Jodprobe“ bestimmt.

Versuch 1.

Solanum tuberosum L. Rote Nierenkartoffel.

Am 23. Juni. Versuchszeit Vormittags 7 Uhr bis Mittags einviertel 12 Uhr. Während des Versuches leicht bedeckter Himmel; die Temperatur der Luft 18 Grad Celsius. Auf der morphologischen Oberseite befinden sich verhältnismässig wenig Spaltöffnungen.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt (invers): Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt (normal): Viel Stärke.

Versuch 2.

Solanum tuberosum L. Rote Nierenkartoffel.

Am 23. Juni. Versuchsdauer von Vormittags 7 Uhr bis Mittags einviertel 12 Uhr. Leicht bedeckter Himmel. Temperatur der Luft 18 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 3.

Solanum tuberosum L. Rote Nierenkartoffel.

Am 23. Juni. Versuchszeit von Vormittags 7 Uhr bis Mittags einviertel 12 Uhr. Temperatur der Luft 18 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 4.

Solanum tuberosum L.

Magnum bonum.

Am 24. Juni. Der Versuch hat von früh 5 Uhr bis Mittags 12 Uhr gedauert. Wolkenloser Himmel anfangs, gegen Mittag bedeckt.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Sehr wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 5.

Solanum tuberosum L.

Magnum bonum.

Am 24. Juni. Versuchsdauer von Vormittags 5 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Sehr reichlich Stärke.

Versuch 6.

Solanum tuberosum L.

Magnum bonum.

Am 1. Juli. Expositionszeit von Vormittags dreiviertel 10 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Wetter: Himmel klar. Lufttemperatur 27,5 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Sehr viel Stärke.

Versuch 7.

Solanum tuberosum L.

Magnum bonum.

Am 1. Juli. Zeit des Versuches von Vormittags dreiviertel 10 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 8.

Mirabilis Jalapa L.

Am 24. Juni. Die Versuchszeit dauerte von Vormittags 5 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Anfangs Sonnenschein und klarer Himmel, zum Schluss des Versuches bedeckter Himmel. Auf der morphologischen Oberseite der Blätter fast keine Spaltöffnungen.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 9.

Mirabilis Jalapa L.

Am 1. Juli. Versuchsdauer von Vormittags einviertel 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Wetter: Himmel klar. Lufttemperatur 27,5 Grad Cels. Fast keine Spaltöffnungen auf der morphologischen Oberseite der Blätter.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 10.

Pirus communis L.

Am 24. Juni. Versuchszeit von Vormittags 5 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Wolkenloser Himmel anfangs, zu Ende des Versuches bedeckt. Spaltöffnungen fehlen auf der morphologischen Oberseite der Blätter.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 11.

Pirus communis L.

Am 24. Juni. Dauer des Versuches von Vormittags 5 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 12.

Prunus Cerasus L.

Am 24. Juni. Versuchsdauer von Vormittags 4 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Auf der morphologischen Oberseite der Blätter keine Spaltöffnungen.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Sehr wenig Stärke in der Spitze der Blattspreite.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 13.

Prunus Cerasus L.

Am 24. Juni. Versuchszeit von Vormittags 4 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Sehr viel Stärke.

Versuch 14.

Vicia Faba L.

Am 22. Juni. Expositionsdauer von Vormittags einviertel 9 Uhr bis Vormittags einviertel 11 Uhr. Himmel klar. Lufttemperatur 18 Grad Celsius. Wenig Spaltöffnungen auf der morphologischen Oberseite der Blätter.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Sehr wenig Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 15.

Vicia Faba L.

Am 21. Juni. Dauer des Versuches von Vormittags halb 8 Uhr bis Vormittags halb 10 Uhr. Wolkenloser Himmel. Lufttemperatur 17 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 16.

Vicia Faba L.

Am 22. Juni. Versuchszeit von Vormittags einviertel 9 Uhr bis Vormittags einviertel 11 Uhr. Himmel klar. Lufttemperatur 18 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 17.

Impatiens glanduligera Royle.

Am 15. Juni. Versuchsdauer von Nachmittags einviertel 3 Uhr bis Nachmittags einviertel 5 Uhr. Himmel klar. Auf der Ober- und Unterseite der Blätter sind fast gleichviel Spaltöffnungen.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 18.

Impatiens glanduligera Royle.

Am 16. Juni. Zeit des Versuches von Vormittags 10 Uhr bis Nachmittags halb 5 Uhr. Himmel zum Teil bewölkt.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 19.

Impatiens parviflora DC.

Am 16 Juni. Versuchszeit von Vormittags 10 Uhr bis Nachmittags halb 5 Uhr. Spaltöffnungen auf der morphologischen Oberseite der Blätter in sehr geringer Anzahl.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 20.

Impatiens Sultani.

Am 16. Juni. Versuchsdauer von Vormittags 10 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Die morphologische Oberseite der Blätter zeigte keine Spaltöffnungen.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 21.

Impatiens Sultani.

Am 19. Juni. Versuchsdauer von Vormittags halb 10 Uhr bis Nachmittags halb 2 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 22.

Impatiens Sultani.

Am 1. Juli. Versuchsdauer von Vormittags halb 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Lufttemperatur 27,5 Grad Celsius. Himmel wolkenlos.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Sehr wenig Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 23.

Impatiens Sultani.

Am 4. August. Versuchszeit von Vormittags halb 11 Uhr bis Nachmittags einviertel 2 Uhr. Wolkenloser Himmel. Lufttemperatur 30 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

Versuch 24.

Menispermum canadense L.

Am 3. Juli. Versuchszeit von Vormittags 3 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Himmel wolkenlos. Lufttemperatur 27,5 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Spur von Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Sehr viel Stärke.

Versuch 25.

Menispermum canadense L.

Am 3. Juli. Versuchszeit von Vormittags 3 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Sehr viel Stärke.

Versuch 26.

Alstroemeria chilensis Loud.

Am 15. Juli. Versuchsdauer von Vormittags dreiviertel 10 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Himmel bedeckt. Lufttemperatur 17 Grad Celsius. Spaltöffnungen nur auf der Unterseite der Blätter.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Controlblatt: Reichlich Stärke.

Versuch 27.

Alstroemeria chilensis Loud.

Am 15. Juli. Versuchszeit von Vormittags dreiviertel 10 Uhr bis Mittags 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.

B. Stärkegehalt der Blätter durch Trockengewichtsbestimmungen festgestellt.

Versuch 1.

Cucurbita Pepo L.

Am 3. Juli. Versuchsdauer von Vormittags einviertel 4 Uhr bis Abends 8 Uhr. Himmel wolkenlos. Lufttemperatur 27,5 Grad Celsius. 220 qcm.

a) normale Stellung.

Versuchshälfte	Tr. S. =	1,0425 gr.
Kontrolhälfte (früh)	Tr. S. =	0,8375 „
	Zunahme = +	0,205 gr.

Zunahme pro qm in 16 Std. = 9,318 gr.

„ „ „ „ 1 „ = 0,582 „

b) inverse Stellung.

Versuchshälfte	Tr. S. =	0,790 gr.
Kontrolhälfte (früh)	Tr. S. =	0,737 „
	Zunahme = +	0,053 gr.

Zunahme pro qm in 16 Std. = 2,409 gr.
„ „ „ „ 1 „ = 0,150 „

Das Blatt in normaler Stellung erzeugte in 16 Stunden pro qm = 6,909 gr. Stärke mehr als das Blatt in inverser Stellung.

Versuch 2.

Cucurbita Pepo L.

Am 5. Juli. Versuchsdauer von Vormittags 3 Uhr bis Abends 6 Uhr. Lufttemperatur 21 Grad Celsius. 220 qcm.

a) normale Stellung.

Versuchshälfte Tr. S. = 1,305 gr.
Kontrolhälfte Tr. S. = 1,014 „
Zunahme = + 0,291 gr.
Zunahme pro qm in 15 Std. = 13,227 gr.
„ „ „ „ 1 „ = 0,882 „

b) inverse Stellung.

Versuchshälfte Tr. S. = 1,114 gr.
Kontrolhälfte Tr. S. = 1,040 „
Zunahme = + 0,074 gr.
Zunahme pro qm. in 15 Std. = 3,363 gr.
„ „ „ „ 1 „ = 0,224 „

Das normal gestellte Blatt producierte pro qm in 15 Std. = 9,864 gr Stärke mehr als das invers gestellte.

Versuch 3.

Cucurbita Pepo L.

Am 7. Juli. Versuchsdauer von Vormittags 3 Uhr bis Abends 6 Uhr. Himmel klar. Lufttemperatur 28 Grad Celsius. 220 qcm.

a) normale Stellung.

Versuchshälfte Tr. S. = 1,400 gr.
Kontrolhälfte Tr. S. = 1,200 „
Zunahme = + 0,200 gr.
Zunahme pro qm in 15 Std. = 9,091 gr.
„ „ „ „ 1 „ = 0,606 „

b) inverse Stellung.

Versuchshälfte Tr. S. = 0,953 gr.
Kontrolhälfte (früh) Tr. S. = 0,8352 „
Zunahme = + 0,1178 gr.
Zunahme pro qm in 15 Std. = 5,354 gr.
„ „ „ „ 1 „ = 0,357 „

Das normal gestellte Blatt bildete pro qm in 15 Std. = 3,737 gr Stärke mehr als das invers gestellte.

II.

Findet eine grössere Assimilation bei Blättern statt, von denen man die Epidermis stellenweise entfernt und damit den Gasaustausch und die Transpiration stark fördert, oder bei unverletzten Blättern?

Moll[1]) hatte im Jahre 1878 nachgewiesen, dass die Wirkung der Kohlensäure bei der Assimilation eine streng lokalisierte ist. „Die Blätter erzeugen nur an den Stellen, wo sie unmittelbar mit kohlensäure-haltiger Luft in Berührung stehen, Stärke[2]). Wie bekannt ist, dringt die Kohlensäure durch die Spaltöffnungen auf der Unterseite der Blätter in die Intercellularräume des Mesophylls, von hier aus diffundiert sie in die chlorophyllhaltigen Zellen selbst und erleidet unter

1) Ueber die Herkunft des Kohlenstoffes in der Pflanze. Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg, II. 1878, pag. 105.
2) Sachs, Vorlesungen, 2. Aufl., pag. 300.

Mitwirkung des Lichtes und des Wassers die Zersetzung in ein Kohlehydrat (Zucker, Stärke) und Sauerstoff. Je zahlreicher im Allgemeinen die Spaltöffnungen sind, desto kräftiger ist auch die Transpiration, desto ausgiebiger aber auch die durch das Chlorophyll vermittelte Aufnahme und Zersetzung der Kohlensäure der Atmosphäre[1]). Die Epidermis hindert also in gewisser Hinsicht den freien Zutritt der Kohlensäure zu den chlorophyllhaltigen Zellen, indem sie dieselbe viel langsamer diffundieren lässt als dann, wenn die Kohlensäure durch die offenen Poren eintreten kann.

Der freie Zutritt der Kohlensäure zu den Parenchymzellen kann aber dann stattfinden, wenn die Epidermis des Blattes entfernt wird, was bei manchen Blättern sehr leicht ohne Zerstörung des Mesophylls möglich ist. Eine andere Frage nur ist die, kann das Abziehen der Epidermis ohne Schaden für die Assimilation geschehen? Es ist ja offenbar, dass Blätter, denen man die Epidermis abgezogen hat, sehr rasch vertrocknen[2]). Dann findet überhaupt keine Assimilation mehr statt. Atsusuke Nagamatsz[3]) hat nachgewiesen, dass selbst welke Blätter keine Stärke erzeugen. Es muss daher verhütet werden, dass eine Austrocknung oder ein Welken der Blätter eintritt.

Zur Beantwortung der oben gestellten Frage verwendete ich folgende Versuchspflanzen:

Impatiens Sultani.
Antirrhinum majus L.
Salpiglossis variabilis.
Impatiens Balsamine.
Vinca major L.

1) Sachs, l. c. pag. 123.
2) Sachs, Vorlesungen, 2. Aufl., pag. 227.
3) Beiträge zur Kenntnis der Chlorophyllfunktion. Würzburg 1886. Diss.

Vinca minor L.
Levisticum officinale Koch.
Ruta graveolens L.
Scabiosa coronaria.

Ich zog von der unteren Epidermis ein Stück in der Grösse etwa eines qcm ab, und, um die allzugrosse Transpiration und damit das Welken und Vertrocknen der Blätter zu verhindern, bedeckte ich die Versuchspflanzen mit Glasglocken und kleidete letztere mit nassem *Sphagnum* aus. So geschah es bei *Impatiens Sultani.* Für die Versuche mit den übrigen Pflanzen wählte ich Sonnentage nach regnerischen. Dann war die Luft mit Wasserdampf reichlich versehen, und die Versuche glückten in überraschender Weise. Die Blätter wurden nach stattgefundener Verdunkelung und Entstärkung in inverser sowohl wie in normaler Lage dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt. Die Versuchszeit wurde auf die Vormittagsstunden verlegt, sie währte gewöhnlich $1^1/_2$ bis 2 Stunden, mitunter auch länger.

Das Resultat, welches ich bekam, ist folgendes: Die so behandelten, der Jodprobe unterworfenen, inversen Blätter zeigten an den Stellen, wo die Epidermis abgezogen war, mehr Stärke als an den mit Epidermis versehenen. Wenn die der Jodprobe unterworfenen Blätter von der morphologischen Oberseite aus betrachtet wurden, so traten die Stellen mit abgezogener unterer Epidermis scharf dunkler auf als die Stellen in der Umgebung.

Die nunmehr angestellte mikroskopische Untersuchung zeigte ferner, dass die Kohlensäure auch in die nächstbenachbarten Zellen reichlicher eingedrungen war als in die entfernt liegenden Zellen unter der Epidermis. Dadurch wurde auch in diesen benachbarten Zellen ein grösserer Stärkereichtum verursacht als in den entfernt liegenden, mit Epidermis bedeckten Zellen. Es fand deutlich eine Abstufung des Stärke-

gehaltes von den freiliegenden Zellen zu den mit Epidermis bedeckten statt.

Aber es zeigte sich zweitens auch, dass sich in normal stehenden Blättern an den Stellen, wo die Epidermis abgezogen war, mehr Stärke gebildet hatte als da, wo die untere Epidermis die Schwammparenchymzellen bedeckte.

Das Resultat war für mich insofern interessant, als es mir zeigte, dass das Blatt unter gewöhnlichen Verhältnissen, selbst in der Normalstellung nicht das Maximum der Stärke bildet. Wenn die Kohlensäure unmittelbar zu den Assimilationszellen gelangen kann, wird von diesen mehr Stärke erzeugt, als wenn dieselbe gezwungen ist, ihren Weg durch die Spaltöffnungen der Epidermis zu nehmen.

Versuche zu II.

A. Blätter mit abgezogener unterer Epidermis in inverser Stellung.

Versuch 1.

Impatiens Sultani.

Am 16. Juni. Versuchszeit von Vormittags 10 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Himmel klar. Lufttemperatur 27 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt (invers, mit abgezogener Epidermis): An den Stellen, wo die Zellen mit der Epidermis bedeckt sind, wenig Stärke, wo die Zellen frei liegen, mehr Stärke.
3. Kontrolblatt (invers, mit unverletzter Epidermis): Wenig Stärke.

Versuch 2.

Impatiens Sultani.

Am 19. Juni. Versuchsdauer von Vormittags halb 10 Uhr bis Nachmittags halb 2 Uhr. Himmel klar. Lufttemperatur 29 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Freiliegende Zellen mehr Stärke als die mit Epidermis bedeckten; in den letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

(invers.)

Versuch 3.

Impatiens Sultani.

Am 1. Juli. Expositionsdauer von Vormittags halb 11 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Himmel wolkenlos. Lufttemperatur 27,5 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Sehr wenig Stärke.
2. Versuchsblatt: Freiliegende Zellen mehr Stärke als die mit Epidermis bedeckten; in den letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 4.

Antirrhinum majus L.

Am 6. Juli: Versuchszeit von Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr. Himmel leicht bewölkt. Lufttemperatur Vormittags halb 9 Uhr 21 Grad Celsius. Tags zuvor Regen.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den Zellen, die frei liegen, mehr Stärke als in den Zellen, die von der Epidermis bedeckt sind.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 5.

Antirrhinum majus L.

Am 6. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Die freiliegenden Zellen enthalten mehr Stärke als die mit Epidermis bedeckten; in diesen wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 6.

Salpiglossis variabilis.

Am 6. Juli. Versuchsdauer von Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Die freiliegenden Zellen mehr Stärke als die mit Epidermis bedeckten, in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 7.

Salpiglossis variabilis.

Am 6. Juli. Versuchszeit Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in diesen aber wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 8.

Salpiglossis variabilis.

Am 6. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: An den Stellen, wo die Epidermis abgezogen ist, lässt sich mehr Stärke nachweisen als an den mit Epidermis bedeckten.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.
(invers).

Versuch 9.

Salpiglossis variabilis.

Am 6. Juli. Versuchsdauer Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten. In diesen wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 10.

Scabiosa coronaria.

Am 6. Juli. Versuchszeit von früh halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 11.

Scabiosa coronaria.

Am 6. Juli. Versuchsdauer Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr. Himmel leicht bewölkt. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 12.

Impatiens Balsamine.

Am 6. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in diesen wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 13.

Impatiens Balsamine.

Am 6. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr. Himmel leicht bewölkt. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Sehr wenig Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 14 [1]).

Impatiens Balsamine.

Am 6. Juli. Versuchsdauer von Vormittags halb 6 Uhr bis Vormittags 10 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten. In letzteren aber wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 15.

Vinca major L.

Am 8. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr. Himmel klar. Lufttemperatur 25 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Sehr wenig Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in diesen wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 16.

Vinca major L.

Am 8. Juli. Versuchsdauer von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: An den Stellen, wo die Epidermis abgezogen ist, mehr Stärke als an denen, die mit Epidermis bedeckt sind; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

1) Selbstverständlich sind mehr Versuche angestellt worden als die hier verzeichneten.

Versuch 17.

Vinca minor L.

Am 8. Juli. Expositionsdauer von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 18.

Vinca minor L.

Am 8. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: An den Stellen mit abgezogener Epidermis mehr Stärke als an denen, die mit Epidermis bedeckt sind; in den letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 19.

Ruta graveolens L.

Am 7. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr. Himmel klar. Lufttemperatur 28 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 20.

Ruta graveolens L.

Am 7. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in diesen wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 21.

Levisticum officinale Koch.

Am 7. Juli. Versuchsdauer von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: In den freiliegenden Zellen mehr Stärke als in den mit Epidermis bedeckten; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 22.

Levisticum officinale Koch.

Am 7. Juli. Versuchszeit Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags einviertel 12 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: An den Stellen, wo die Epidermis abgezogen ist, mehr Stärke als an den mit Epidermis bedeckten; in letzteren wenig Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

B. Blätter mit abgezogener unterer Epidermis in normaler Stellung.

Versuch 1.

Vinca major L.

Am 8. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr. Lufttemperatur 25 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Sehr viel Stärke. mit abgezogener Epidermis
3. Kontrolblatt: Viel Stärke. mitunverletzter Epidermis in normaler Stellung.

Versuch 2.

Vinca major L.

Am 8. Juli. Versuchsdauer von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Sehr viel Stärke. mit abgezogener Epidermis
3. Kontrolblatt: Viel Stärke. mitunverletzter Epidermis

Versuch 3.

Vinca minor L.

Am 8. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Sehr viel Stärke.
   mit abgezogener Epidermis
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.
   mit unverletzter Epidermis in normaler Stellung.

Versuch 4.

Vinca minor L.

Am 8. Juli. Versuchszeit von Vormittags halb 10 Uhr bis Vormittags 11 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Versuchsblatt: Sehr viel Stärke.
   mit abgezogener Epidermis
3. Kontrolblatt: Viel Stärke.
   mit unverletzter Epidermis in normaler Stellung.

III.
Wie verhalten sich plasmolysierte Blätter in bezug auf die Assimilation?

In seiner 1886 erschienenen Abhandlung „Beiträge zur Kenntnis der Chlorophyllfunktion" untersuchte Nagamatsz unter Anderem auch den „Einfluss des Welkens auf die Stärkebildung durch Assimilation." Er liess zu diesem Zweck stärkefreie Blätter in trockener Luft in einem Glascylinder welken. Sobald dies eintrat, bereicherte dieser Verfasser die Luft des Glascylinders mit Kohlensäure, während zur Kontrolle ein anderes, frisches, stärkefreies Blatt in einen oben geschlossenen Glascylinder gestellt wurde, der unten Wasser enthielt und dem eine Portion käuflichen kohlensauren Wassers vor dem Verschliessen des Cylinders zugegeben war. „Das durch die Jodprobe jedesmal festgestellte Resultat war nun, dass das gewelkte Blatt keine Stärke erzeugte, während diese in dem frischen, turgescenten Blatte reichlich erschien." [1])

Wenn auch Nagamatsz nicht erklärt, warum das so geschieht, so ist es offenbar der fehlende Turgor und ein damit verbundener abnormer Zustand [2]), der die Assimilation verhindert.

H. De Vries [3]) hatte schon früher durch Versuche festgestellt, dass wachsende Pflanzenteile, in geeignete Salzlösungen (Kalisalpeter und Kochsalz) gelegt, binnen kurzer Zeit ihre Turgescenz vollständig verlieren und sich contrahieren. Wie bekannt ist, giebt der Zellsaft einen grossen Teil seines Wassers an die durch

1) l. c. p. 26.

2) Vergl. Sachs, Arbeiten des Bot. Instituts in Würzburg, Bd. III, pag. 407.

3) H. De Vries, Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung Leipzig 1877.

die Zellwand gedrungene Salzlösung ab. Der Protoplasmasack zieht sich zusammen und ebenso die Zellwand, d. h. der Pflanzenteil wird schlaff. Das Protoplasma erfährt durch diese Operation keine Beschädigung, denn, sobald die Salzlösung durch reines Wasser wieder ersetzt ist, dehnt sich der Protoplasmasack wieder aus, das Organ wird turgescent, es vermag von Neuem zu wachsen.

Es war mir von Interesse zu erfahren, ob Blätter, falls sie der Plasmolyse unterworfen werden, imstande sind, Stärke durch Assimilation zu erzeugen.

Zu den Versuchen wurden folgende Pflanzen genommen:

Solanum tuberosum L.
Phaseolus vulgaris L.
Scabiosa coronaria.
Salpiglossis variabilis.
Antirrhinum majus L.
Impatiens parviflora DC.
Impatiens Balsamine.
Platycodon grandiflorum DC.
Beta vulgaris L.
Dahlia variabilis Cav.
Rubia tinctorum L.

Blätter von diesen Pflanzen wurden mit der Oberseite auf 5 % Kalisalpeterlösung gelegt, solange im Dunkeln gehalten, bis die Plasmolyse eingetreten war, und dann dem Sonnenlicht ausgesetzt. Die Entstärkung der Blätter geschah in der Weise, dass beblätterte Zweige dieser Pflanzen mit schwarzem Papier umhüllt wurden im Garten und mehrere Tage hindurch umhüllt blieben. Es kam vor, dass selbst nach fünftägigem Verdunkeln die Blätter mancher Pflanzen stärkereich waren, ein Verhalten, auf das auch schon

Sachs hingewiesen hat[1]). Derartige Pflanzen wurden beim Versuch nicht berücksichtigt. Um mich aber zu überzeugen, dass die zum Versuch gebrauchten Blätter wirklich stärkefrei seien, teilte ich dieselben mittels Scheere hart an den Mittelnerven und untersuchte die eine Hälfte nach der „Jodprobe" auf ihre Stärkereinheit. Wenn diese constatiert wurde, verwendete ich die dazu gehörige andere Hälfte des Blattes zum Versuch.

Um gleich eine Anzahl von Blättern der „Jodprobe" unterwerfen zu können, ohne dass eine Verwechslung der Blatthälften einträte, bediente ich mich kleiner bunter Glasperlen, indem ich an die zusammengehörigen Blatthälften Glasperlen von gleicher Farbe befestigte. So kam ich verhältnismässig schnell zum Ziele und konnte mit Leichtigkeit die Blätter vom Versuch ausschliessen, welche noch eine Spur von Stärke zeigten.

Damit die Plasmolyse schneller einträte, zerschnitt ich die zum Versuch gelangenden Blatthälften in kleinere Stücke, entfernte auch den Blattrand, um die Tracheen zu öffnen.

Das Ergebnis meiner Untersuchungen ist das nämliche, wie es Nagamatsz für welke Blätter angiebt: Die plasmolysierten Blätter bildeten im Sonnenlicht keine Stärke.

Versuche zu III.

Versuch 1.

Phaseolus vulgaris L.

Am 18. Juli. Versuchszeit von Nachmittags 4 Uhr bis Nachmittags dreiviertel 6 Uhr. Himmel bewölkt. Lufttemperatur 18 Grad Celsius.

1) Sachs, Arbeiten des Bot. Inst. in Würzb., III. Bd. pag. 10.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.
   (invers auf
   Wasser
   schwimmend).

Versuch 2.

Phaseolus vulgaris L.

Am 26. Juli. Versuchsdauer von Vormittags 11 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Abwechselnd Sonnenschein. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 3.

Solanum tuberosum L.

Magnum bonum.

Am 18. Juli. Versuchsdauer von Nachmittags 4 Uhr bis Nachmittags 6 Uhr. Himmel bewölkt. Lufttemperatur 18 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 4.

Scabiosa coronaria.

Am 18. Juli. Versuchszeit von Nachmittags 4 Uhr bis Nachmittags 6 Uhr.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 5.

Scabiosa coronaria

Am 19. Juli. Versuchszeit Mittags 12 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 6.

Salpiglossis variabilis.

Am 19. Juli. Versuchszeit von Mittags 12 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 7.

Salpiglossis variabilis.

Am 20. Juli. Versuchsdauer von Vormittags 10 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Sonnig. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 8.

Impatiens Balsamine.

Am 19. Juli. Versuchszeit von Mittags 12 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 9.

Impatiens Balsamine.

Am 20. Juli. Versuchszeit von Vormittags 10 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Sonnig. Lufttemperatur 22 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 10.

Antirrhinum majus L.

Am 19. Juli. Versuchsdauer von Mittags 12 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 11.

Impatiens parviflora D C.

Am 19. Juli. Versuchszeit von Mittags 12 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 12.

Impatiens parviflora D C.

Am 20. Juli. Versuchszeit von Vormittags 10 Uhr bis Mittags 12 Uhr. Sonnig. Lufttemperatur 21 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 13.

Dahlia variabilis Cav.

Am 26. Juli. Versuchsdauer von Vormittags 11 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Bewölkt, abwechselnd Sonnenschein. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 14.

Dahlia variabilis Cav.

Am 26. Juli. Versuchszeit von Vormittags 11 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 15.

Platycodon grandiflorum D C.

Am 25. Juli. Versuchsdauer von Nachmittags halb 4 Uhr bis Nachmittags halb 6 Uhr. Sonnig. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 16.

Platycodon grandiflorum D C.

Am 25. Juli. Versuchsdauer von Nachmittags halb 4 Uhr bis Nachmittags halb 6 Uhr. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 17.

Beta vulgaris L.

Am 26. Juli Expositionsdauer von Vormittags 11 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Himmel zum Teil bewölkt. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 18.

Beta vulgaris L.

Am 26. Juli. Versuchszeit von Vormittags 11 Uhr bis Nachmittags 4 Uhr. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Versuch 19.

Rubia tinctorum L.

Am 26. Juli. Versuchszeit von Nachmittags halb 4 Uhr bis Nachmittags einviertel 7 Uhr. Sonnig. Lufttemperatur 23 Grad Celsius.

Bei der Jodprobe:

1. Nachtblatt: Keine Stärke.
2. Plasm. Blatt: Keine Stärke.
3. Kontrolblatt: Wenig Stärke.

Gesamtresultate:

1. Echt dorsiventrale Blätter, invers fixiert, assimilieren bedeutend weniger als Blätter in Normalstellung. Der Grund hierfür ist einerseits darin zu suchen, dass sich bei inversen Blättern, falls sie dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt werden, die Spaltöffnungen ganz oder zum Teil schliessen, andererseits darin, dass bei inverser Stellung der Blätter die Chlorophyllkörner des Pallisadenparenchyms in keine starke Aktion treten können.
2. Die Assimilation ist dagegen bei Blättern mit isolateralem Bau in inverser oder normaler Stellung ziemlich gleich stark.
3. Entfernt man bei Blättern stellenweise die untere Epidermis und fördert man dadurch den Gasaustausch und die Transpiration stark, so bilden sowohl bei normal als bei invers fixierten Blättern die freiliegenden Zellen mehr Stärke als die mit Epidermis bedeckten.
4. Mit Kalisalpeterlösung plasmolysierte Blätter assimilieren nicht.

Vorstehende Untersuchungen habe ich im Sommer 1893 auf Rat meines hochgeehrten Lehrers, des Herrn Geheimrat Professor Dr. Strasburger, im hiesigen botanischen Institut unternommen. Ich erfülle zum

Schluss die angenehme Pflicht, genanntem Herrn für das mir stets erwiesene Wohlwollen, sowie für die mancherlei Anregung und Ratschläge, die mir von ihm und Herrn Privatdocenten Dr. Noll bei der Anfertigung dieser Arbeit zu teil wurden, an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Vita.

Geboren wurde ich, Richard Meissner, evangelischer Konfession, zu Dessau in Anhalt am 23. April 1868 als Sohn Friedrichs und der Louise Meissner, geb. Lautenbach. Nach Erlangung der elementaren Kenntnisse auf der Mittelschule zu Dessau besuchte ich im Jahre 1879 das Friedrichs-Realgymnasium meiner Vaterstadt, welches ich im März 1888 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um mich an der Universität zu Halle a. d. S. den Studien der Naturwissenschaften zu widmen. Hier hörte ich während 8 Semester die Vorlesungen der Herren Professoren und Docenten: Cantor, H. Erdmann, v. Fritsch, Grenacher, Haym, Husserl, Knoblauch, Kraus, Lüdecke, Uphues, Volhard und Wangerin.

Im Wintersemester 1892/93 war ich an der landwirtschaftlichen Winterschule zu Worbis, Reg.-Bez. Erfurt, als Lehrer thätig.

Im April 1893 begab ich mich nach Bonn, um meine Studien fortzusetzen, und hörte hier die Vorlesungen der Herren Geheimräte Professor Dr. Strasburger, Professor Dr. August Kekulé, Professor Dr. J. B. Meyer, Professor Dr. Laspeyres, sowie der Herren Privatdocenten Dr. Noll und Dr. Schenck, arbeitete auch unter Leitung des Herrn Geheimrat Strasburger im botanischen Institut.

Allen meinen hochverehrten Lehrern spreche ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

Thesen.

1. Die physiologisch-anatomischen Begriffe sind streng von den morphologischen zu scheiden.
2. Die Sechsecks-Formel des Benzols entspricht bis jetzt den Thatsachen am besten.
3. Durch den Geotortismus lassen sich die Orientierungstorsionen zygomorpher Blüten nicht erklären.
4. Die neuerdings wieder behauptete, direkte Stickstoffaufnahme aus der Luft durch höhere Pflanzen ist experimentell durchaus noch nicht sicher gestellt.
5. Für den Transport der Nährstoffe innerhalb des Pflanzenkörpers sind Protoplasmaströmungen nicht unbedingt notwendig.
6. Die Ueberschwefelsäure leitet sich vom Wasserstoffsuperoxyd in der Weise ab, wie die Pyroschwefelsäure von dem Wasser.